©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Studien über die Gewichtsveränderungen bei der Entwicklung des Großen Kohlweißlings

Von Max Ratzenhofer

a. o. Prof. für pathologische Anatomie an der Universität Graz

Mit 3 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Jänner 1953)

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen einer fortlaufenden Reihe[1] durchgeführt, in der ich mich mit Fragen des Wachstums und der Differenzierung in allgemeiner und spezieller Hinsicht befasse. Da beim Schmetterling die Entwicklungsfortschritte bezüglich des Wachstums und der Differenzierung und ihre Beziehungen zueinander besonders interessant sind (Needham), habe ich fortlaufende Gewichtsbestimmungen an dem zur Verfügung stehenden Großen Kohlweißling vorgenommen — auch aus dem Grunde, weil ich eine alle Lebensabschnitte dieses Schmetterlings umfassende Gewichtskurve in der mir zugänglichen Literatur nicht auffinden konnte.

Das Untersuchungsmaterial umfaßt eine überwinternde und eine nichtüberwinternde Zucht, sowie einige in Freiheit entwickelte Falter zum Vergleich.

Die überwinternde Zucht.

5. 11. 1948: Beobachtung von 37 ausgewachsenen Raupen auf Spätkohl; Übertragung in ein Glas; ein Teil der Raupen noch

[1] 4. Mitteilung der Reihe des Verf.: „Über Wachstum und Differenzierung". 1. Mitteilung: „Zur Frage der Abgrenzung von Wachstum und Differenzierung und ihre Bedeutung bei der Bewertung pathol. Prozesse." Schweiz. Zt. f. Pathol. Bakter. **13**, 426 (1950). — 2. Mitteilung zusammen mit O. Kratky u. E. Schauenstein: „Beiträge zur Frage der Kollagendifferenzierung. Röntgen- und UV-spektrographische Analyse von embryonalem menschlichen Sehnenkollagen." Protoplasma **39**, 684 (1950). — 3. Mitteilung zusammen mit E. Schauenstein u. W. Berndt: „Histochemische und UV-spektrographische Untersuchungen an menschlichen Hautkeratinen." Zeitschr. für Biologie **104**, 384 (1951).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

fressend; Einzelwägungen auf der analytischen Waage: zwischen 428 und 419 mg (Raupenhöchstgewichte). — 6. 11. 1948: bei 17 Raupen letzte Häutung (Verpuppungshäutung) und Verpuppung; Wägung vor und nach der Häutung; Wägung der abgestreiften Raupenhaut. — 7. 11. 1948: bei den meisten übrigen Raupen Häutung und Verpuppung. — 8. 11. 1948: 35 Tiere verpuppt, die restlichen 2 fressen und wachsen weiter bis auf etwa die doppelte Größe der anderen Raupen, ohne sich zu häuten. Bei einer dieser Raupen brechen 4 Tage später Maden aus dem zerstörten Hinterleib hervor (beide Raupen getötet). — Allmonatliche Wägung von 15 von ihrer Haftstelle abgelösten und im ständig durchwärmten Zimmer (Zentralheizung) im Dunkeln gehaltenen Puppen (Gruppe A). Die übrigen am Verpuppungsort bei natürlichen Lichtverhältnissen belassenen Puppen werden im nur tagsüber geheizten Zimmer gehalten (Gruppe B).

Von den 15 Puppen der Gruppe A geht eine, die sich bei der letzten Häutung verletzt hatte, nach $1^1/_2$ Monaten zugrunde und vertrocknet. 26. 6. 1949: in einer als Aufbewahrungsort benutzten kleinen Schachtel werden zwei mittlerweile geschlüpfte, aber abgestorbene und schon vertrocknete Falter (F.) aufgefunden (zusammen 87 mg schwer). — 27. 6. bzw. 7. 7. 1949: es schlüpfen nach einer Puppenruhe von 231 bzw. 242 Tagen 2 wohlentwickelte F., 154 bzw. 145 mg schwer (in Ätherbetäubung gewogen). Einer wird am 2. Tage nach einer 2. Wägung in Freiheit gesetzt. Gewicht einer noch feuchten Puppenhülle mit dunkelbraunem Safttropfen: 19 mg. Eine völlig trockene, 14 Tage alte Puppenhülle mit eingetrocknetem Saft wiegt 8,7 mg. — Im Laufe des Juli 1949: 5 Puppen vertrocknen in Richtung von vorne nach rückwärts. — 29. 7. 1949: aus einer hellgrünen Puppe schlüpft ein nur in seiner vorderen Hälfte ausgebildeter F., sein Hinterleib ist unentwickelt (170 mg). — In den folgenden Monaten schlüpfen 3 weitere Falter. Es sind demnach von den 15 Puppen der Gruppe A 8, d. s. 53%, zur Entwicklung gekommen.

Von den 20 Puppen der Gruppe B schlüpfen in der Zeit vom 29. 5. bis 14. 8. 1949 nur 8 Schmetterlinge, d. s. 40% (Puppenruhe 202 bis 280 Tage). Die restlichen 12 Puppen gehen im Laufe der nächsten Monate zugrunde und vertrocknen. $13^1/_2$ Monate nach der Verpuppung (24. 12. 1949) zeigen nur mehr 4 Lebenserscheinungen (die eine lebhafte, die anderen nur nach Befeuchten träge Bewegung zeigend). — Die meisten Falter konnten nur einmal gewogen werden, teils weil sie im Äther zugrunde gingen, teils weil sie aus anderen Gründen verlorengingen. F. VII der Gruppe B wurde 10 Tage alt und verendete am Tage nach der letzten (3.)

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Narkose. Auffallend war, daß die Toleranz der Tiere gegenüber dem Äther mit jeder Narkose deutlich zunahm.

Die nichtüberwinternden Zuchten.

8. 7. 1949: Beobachtung einer frischen Kolonie mit 26 Eiern auf Sommerkohl. Durchschnittsgewicht eines Eies: 0,119 mg.

14. 7. 1949: Beobachtung einer 2. Kolonie mit etwa 40 Eiern (Eiablage: 13. 7. 1949). Gleichen Tags Schlüpfen der Raupen, Übertragung in Glas. Ihre Zahl vermindert sich mit fortschreitender Entwicklung; es verbleiben zuletzt nur 6 wohlentwickelte, aber sehr verschieden große Raupen (Durchschnittsgewicht: 420 mg). — 5. 8. 1949: gleichzeitige Verpuppung dieser 6 Raupen (Durchschnittsgewicht der jungen Puppen: 368 mg). — Nach nur 11tägiger Puppenruhe schlüpft ein wohlentwickelter F. (173 mg, 70 mm Durchmesser). Er wird noch am 4. und 7. Lebenstage gewogen. Sehr starker Gewichtsverlust von 173 auf 100 mg (keine beobachtete Flüssigkeitsaufnahme). — Die übrigen 5 Puppen werden monatelang beobachtet und gewogen, sie gehen sämtliche zugrunde.

20. 7. 1949: Beobachtung einer 3. Kolonie auf Sommerkohl (Eiablage 19. 7. 1949). — 25. 7. 1949: es schlüpfen über 20 Raupen, welche bis zu 16 Tage lang beobachtet werden können.

Ergebnisse.

Die folgenden Tabellen enthalten die zeitlichen Daten und die Gewichte (Durchschnitts- und Einzelgewichte, sämtliche in mg) während der Entwicklung. Wir beginnen mit Raupenstadium und Verpuppung, siehe Tabelle I.

Die weitere Entwicklung und die Gewichtsverhältnisse bei den aus diesen Raupen hervorgegangenen Puppen sind in Tabelle II dargestellt.

8 Puppen der Gruppe A (in den Tabellen III und IV mit den Buchstaben a bis h bezeichnet) wurden nach 4monatiger Puppenruhe (14. 3. 1949) voneinander getrennt und gesondert beobachtet und gewogen. Siehe Tabelle III. Aus 3 Puppen schlüpften Schmetterlinge. Diese blieben 1 bis 2 Tage am Leben (vgl. Abb. 1).

Nun wurden sämtliche gezüchteten Schmetterlinge, nämlich von der überwinternden Zucht 3 Imagines (e, f, g) der Gruppe A und 7 Imagines (I bis VII) der Gruppe B, ferner der Falter der nichtüberwinternden Zucht gesondert beobachtet und gewogen. Siehe Tabelle IV.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die zugehörigen Gewichtskurven der Imagines enthält Abb. 1. Sämtliche Kurven zeigen eine sehr starke Gewichtsabnahme der Falter, insbesondere in den zwei ersten Lebenstagen, was mit dem starken Flüssigkeitsverlust nach dem Schlüpfen zusammenhängt. Bei den älteren Schmetterlingen fällt das Gewicht dann langsamer ab. Nektaraufnahme konnte ich nur bei F. VII am letzten Tage beobachten. Bei diesem so beträchtlichen Gewichtsverlust aller Falter während ihres Lebens spielt zweifellos auch der Wasserentzug durch den Äther bei der Betäubung eine große Rolle.

Zur Ergänzung dieser Ergebnisse wurden 7 natürlich entwickelte, an einem heißen Sommertag (29. 7. 1949) mittags beim Liebesspiel auf der Wiese eingefangene Schmetterlinge gemessen und gewogen. Ihre Größe betrug 64—72 mm. Zwei Exemplare mit je 70 mm wogen 155 bzw. 170 mg, letzteres ein eiertragendes Weibchen. Das Durchschnittsgewicht von 6 anderen Faltern war 125 mg. Ein Falter mit 68 mm wog 137 mg.

Tabelle I. Raupenstadium und Verpuppung[2].

Zucht	Eiablage	Raupenstadium (Alter und Gewichte)	Verpuppung: knapp vor der letzten Häutung	Verpuppung: Bälge der letzten Häutung	Verpuppungsdatum	Dauer des Raupenstadiums
Überwinternde Zucht	? X. 1949	? ? ? etwa 4 Wochen 428 (12) 416 (9)	382,8 (4) 371 (4)	0,005 (2)	6.—7. XI. 1948	etwa 4 Wochen
Nichtüberwinternde Zucht	13. VII. 1949	9 Tage 13 Tage 16 Tage 21 Tage 0,69 (13) 5,0 (9) 38,6 (7) 43,3 (6) → 420 (6)			5. VIII. 1949	24 Tage
	19. VII. 1949	11 Tage 16 Tage restl. am 17. Tage zugrunde gegangen 1,5 (13) 35,0 (8)	—	—	—	—

[2] Die kleinen Zahlen in Klammern nach bzw. unter den Gewichtsangaben bedeuten in den Tabellen immer die Zahl der gewogenen Exemplare, die zugehörigen Gewichtsangaben bedeuten dann das errechnete Durchschnittsgewicht, bei Einzelwägungen (1) das abgelesene Gewicht.

Tabelle II. Puppenstadium.

Zucht	Verpuppungshäutung	Knapp nach dieser Häutung	Während der Puppenruhe nach einer Zeit von					Gewicht vor dem Schlüpfen	Schlüpfungsdatum	Dauer des Puppenstadiums
Überwinternde Zucht Gruppe A	6. u. 7. XI. 1948	371 (1) 369 (9) 360 (1)	3/4 Mon. 358 (9)	1 1/2 Mon. 353 (9)	4 Mon. 324 (7)	7 1/2 Mon. 301 (7)	8 Mon. 287 (5)	272 (1) 272 (1) 299 (1)	25. VI. 1949 6. VII. 1949 29. VII. 1949	231 Tg. 242 Tg. 264 Tg.
Nichtüberwinternde Zucht	5. VIII. 1949	368 (6)	3 Tagen 357,5 (6)	10 Tagen 351 (6) 320, 327 (1) (1) 365, 387 (1) (1) 400 (1)	14 Tagen 361 (5)		47 Tagen 334 (5) 295, 305 (1) (1) 330, 380 (1) (1) 390 (1)	327 (1)	16. VIII. 1949	11 Tg.

Tabelle III. Puppen- und Imago-Einzelwägungen der überwinternden Zucht im 5., 8. und 9. Monat.

Puppe	14. III. 1949	20. VI. 1949	25. VI. 1949	6. VII. 1949	7. VII. 1949	8. VII. 1949	9. VII. 1949	16. VII. 1949	20. VII. 1949	29. VII. 1949
a	300	276			263	259	258	237	228	†
b	327	304			293	291	288	287	283	
c	265	217 †								
d	327	306			290	288	288	275	243 †	
e	320	292	272	Falter schlüpft am 27. VI. 1949: 154 mg						
f	338	320			307	306	306	303	299	F. 170
g	320	302		272	F. 145	120	—			
h	337	310			282	274	269	228	190 †	

† = zugrunde gegangen. F. = Falter.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle IV. Einzelwägungen von Faltern.

Zucht		Schlüpfungsdatum	Puppe	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag	6. Tag	7. Tag	9. Tag	10. Tag	Dauer der Puppenruhe
Überwinternde Zucht	Gruppe A	25. VI. 1949	e	154†								231 Tage
		6. VII. 1949	g	145	120							242 Tage
		29. VII. 1949	f	170	mißbildet							264 Tage
	Gruppe B	29. V. 1949	I	150	125	†						202 Tage
		12. VI. 1949	II	105	100	85†						216 Tage
		13. VI. 1949	III		97†							217 Tage
		28. VI. 1949	IV		102	†						232 Tage
		26. VII. 1949	V	165	Verletzung während der Puppenruhe; mangelhaft entwickelter Hinterleib							261 Tage
		30. VII. 1949	VI	150 (62)*								265 Tage
		14. VIII. 1949	VII	(63)	128			98		84	†	280 Tage
Nicht-überwinternde Zucht		16. VIII. 1949		173 (70)			124		100†			11 Tage

Im Vergleich hiezu waren bei Kleinen Kohlweißlingen (*Pieris rapae*) die Durchmesser 52—57 mm (9 Falter), das Durchschnittsgewicht 64,8 mg (6 Falter).

Schließlich wurde das Trockengewicht der Großen Kohlweißlinge bestimmt. Das errechnete Einzelgewicht von 4 vertrockneten Faltern war 42 mg. Trockeneinzelwägungen an diesen und am F. VII ergaben: zweimal 41 mg, einmal 43,5 mg. Das Trockengewicht der Falter beträgt daher im Durchschnitt 35,5% des Falteranfangsgewichts (beim Wolfsmilchschwärmer zwischen 29,2 bis 34,4% nach Untersuchungen von Heller).

Das Gewicht 4 trockener leerer Puppenhüllen (ohne eingetrockneten Saft) war 18 mg, das errechnete Einzelgewicht 4,5 mg (Einzelwägungen 3,5 bis 5,5 mg).

Das Gesamtergebnis aller Wägungen während der Entwicklung ist in Tabelle V zusammengestellt und in Abb. 2 kurvenmäßig eingetragen.

† zugrunde gegangen.
* die in Klammern gesetzte kleine unterstrichene Zahl bedeutet jeweils den größten Querdurchmesser des Falters in mm.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Gewichtskurven zeigen bei beiden Zuchtarten im wesentlichen die gleiche sehr charakteristische Verlaufsform: den steilen Gewichtsanstieg im Raupenstadium bis zu den Maximalwerten und dann sofort anschließend die rasche, bekanntlich in drei Perioden zerfallende Gewichtsabnahme während der Metamorphose bzw. anschließend danach während des kurzen Falterlebens. Während bei Subitanentwicklung das Gewicht nahezu ebenso schnell abfällt wie es angestiegen ist, wird die Gewichts-

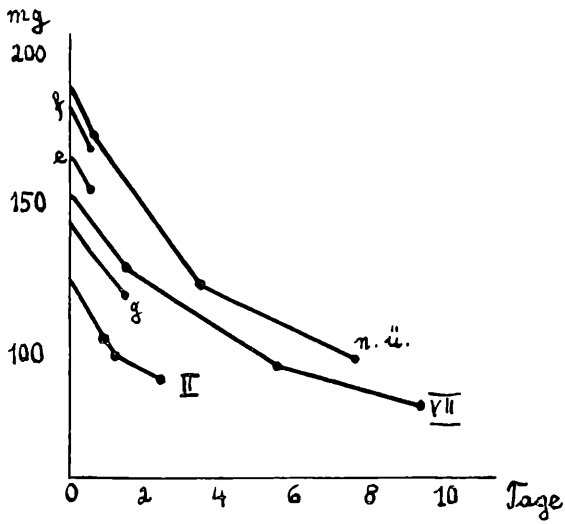

Abb. 1. Gewichtskurven der Falter. Überwinternde Zucht: e, f, g (von Gruppe A), II, VII (von Gruppe B). Nichtüberwinternde Zucht: n. ü.

abnahme bei Latententwicklung durch die lange Puppenruhe entsprechend hinausgezogen.

Vom Scheitelpunkt der Kurven am Ende der Freßperiode angefangen bis zum Schlüpfen der Falter sind bei beiden Zuchten auf Grund des Kurvenverlaufs deutlich die drei Perioden (Phasen) zu unterscheiden: zwei steile Gewichtsstürze am Anfang und Ende und eine Periode mit langsamerem Abfallen bzw. Absinken in der Mitte. Es ist dies die „Latenzperiode" der Metamorphose, die bei den überwinternder Exemplaren mit den Winter- und Frühlingsmonaten zusammenfällt und morphologisch am „Entwicklungsstillstand", z. B. des Flügelepithels (Süffert), kenntlich ist. Sie ist auch bei der subitanen Entwicklung zu erkennen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

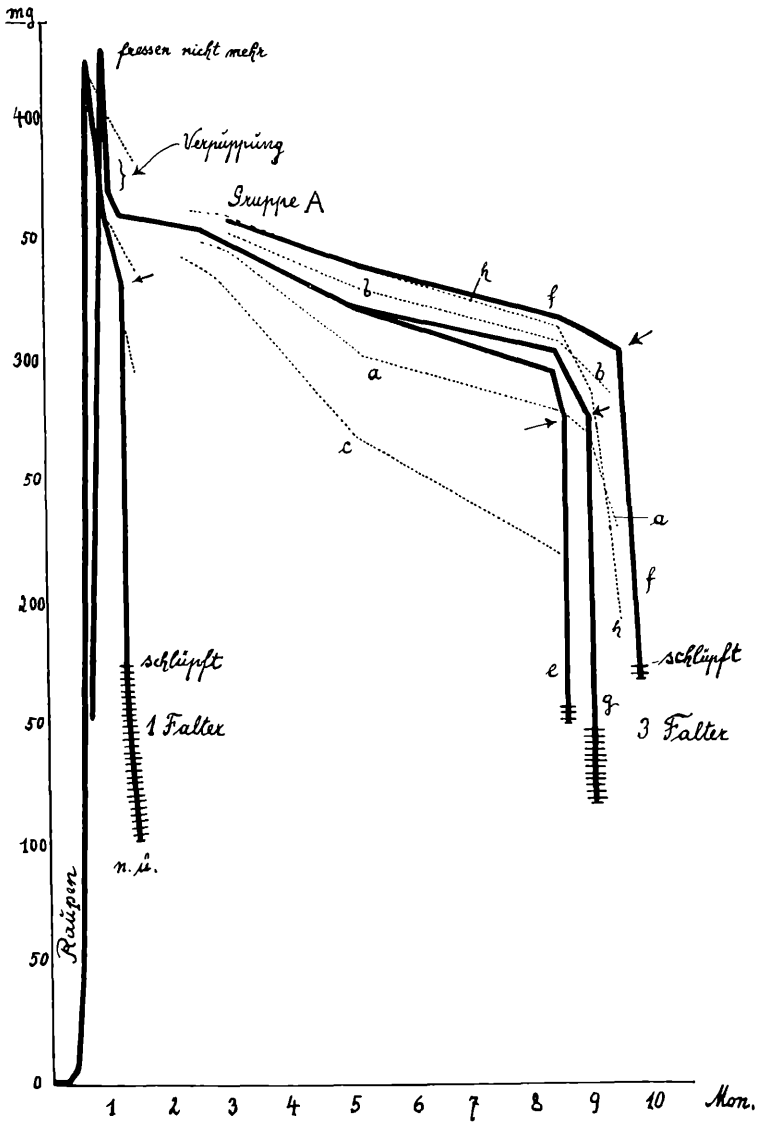

Abb. 2. Gewichtskurven der überwinternden (Gruppe A) und der nicht-überwinternden Zucht (n. ü.). Punktiert: die absterbenden Puppen; sie gehen meist in der letzten (3.) Periode der Metamorphose zugrunde. Quer schraffiert die Falter. ↙ und ↗ : Puppengewichte kurz vor dem Schlüpfen der Falter.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle V. Gesamtübersicht über die Gewichtsverhältnisse.

Zucht	Raupenmaximalgewicht	Verpuppung	Puppenstadium anfangs	Puppenstadium zuletzt	Hülle	Junge Falter
Überwinternd	428 bis 416	382 bis 371	← 7—8 Mon. → Gruppe A 371—360	299—271	4,5	170 – 145
			Gruppe B	?		165—105
Nichtüberwinternd	durchschn. 420	?	← 11 Tage → 368	327		173 (1)
Frei entwickelt	?	?	?			170—125

(Abb. 3), indem die Kurve nicht in einem Zuge, sondern in der Mitte weniger steil abfällt.

Beim Vergleich der Kurven der überwinternden und der nichtüberwinternden Zucht (Abb. 2) zeigt sich, daß die aufsteigenden Schenkel bis zur Erreichung des Raupenmaximalgewichtes einander weitgehend entsprechen. Den absteigenden Kurvenschenkeln hingegen ist zu entnehmen, daß bei etwa gleichen Anfangsgewichten die überwinternden Puppen infolge der langen Ruhezeit, während welcher sie ständig Körpersubstanz verbrauchen, mit wesentlich niedrigeren Gewichten in die 3. Periode eintreten als die Puppe, welche die Metamorphose gleich beendet. Der Gewichtssturz in der letzten Periode scheint bei latent entwickelten Puppen dann im allgemeinen niedriger zu sein. Ein Vergleich der Anfangsgewichte der Falter ist in Anbetracht der geringen Zahl nicht zulässig. Zur Orientierung sei kurz mitgeteilt, daß nach Heller die Höchstgewichte frisch geschlüpfter Wolfsmilchschwärmer bei Subitanentwicklung höher liegen als bei latenter (1838 gegenüber 1397 mg).

Besprechung der Ergebnisse.

Für eine statistische Auswertung ist die Versuchsreihe viel zu klein; immerhin sind Aussagen hinsichtlich einiger Punkte möglich.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

1. Individuelle Gewichtsunterschiede. Sie nehmen mit dem Entwicklungsfortschritt deutlich zu. Die Gewichtsdifferenzen steigen bei der latenten Entwicklung von 12 mg bei den ausgewachsenen Raupen auf 37 mg nach 3monatiger und 44 mg nach 6monatiger Puppenruhe und betragen bei den 10 Faltern dieser Zucht am 1. Tag schließlich 65 mg (die Weibchen schwerer als die Männchen). Zum Vergleich sei angeführt, daß

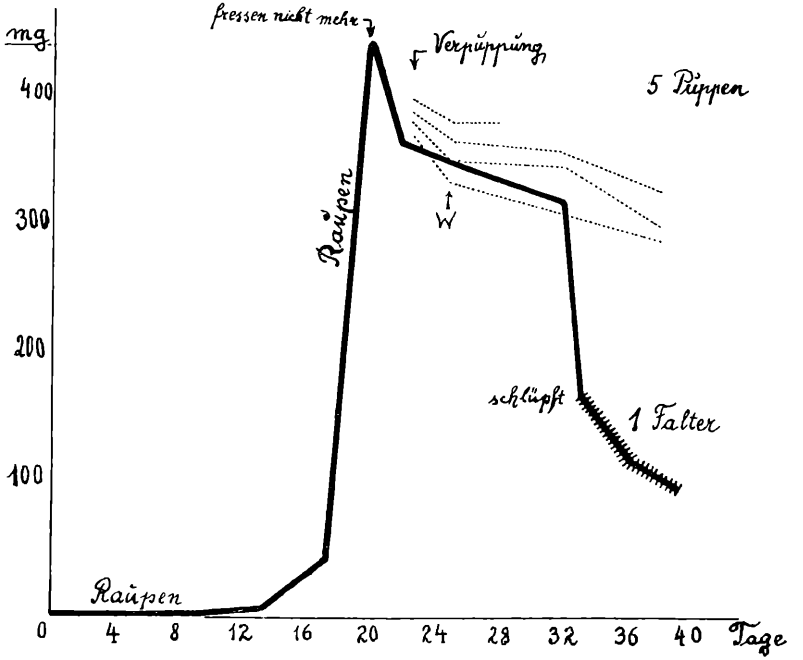

Abb. 3. Gewichtskurven der nichtüberwinternden Zucht. W: „Wendepunkt" (Heller) am Ende der ersten Periode der Metamorphose.

besonders große Gewichtsunterschiede (zwischen 1838 und 475 mg) seinerzeit Heller bei seiner Zucht von Wolfsmilchschwärmern beobachtete.

2. Die Gewichtsverluste bei der Metamorphose sind in Tabelle VI übersichtlich zusammengestellt.

Der Tabelle ist als wesentliches Ergebnis zu entnehmen, daß das Gewicht der frisch geschlüpften Kohlweißlinge, die überwintert haben, durchschnittlich nur mehr 35,3% ihres Raupen-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle VI. Gewichtsverluste bei der Metamorphose in Prozenten der Raupenhöchstgewichte.

	Raupen-höchstgew.	Puppen-anfangs-gewicht	Puppen-end-gewicht	Faltergewicht 1. Tag	Falter-gewicht 2. Tag
Latente Entwicklung	422 mg = 100%	86,8%	66,5%	Gr. A: 36,9% Gr. B: 33,7%	26,6%
Subitane Entwicklung	420 mg = 100%	87,6%	77,8%	41%	

maximalgewichts ausmacht. Es werden also während der Metamorphose nahezu zwei Drittel (64,7%) des am Ende der Freßperiode von der Raupe erreichten Höchstgewichtes verbraucht (vgl. Abb. 2). Bei dem Falter der nichtüberwinternden Zucht war der Gewichtsverlust mit 59% etwas geringer.

Die von uns ermittelten Gewichtsverhältnisse beim Großen Kohlweißling möchten wir kurz mit jenen des Wolfsmilchschwärmers vergleichen und hiezu einige Angaben von Heller (1925, 1926) benützen. Seine zahlreichen Wägungen betrafen allerdings nur Puppen und Falter, die Raupen wurden nicht gewogen. Heller konnte daher nicht angeben, wieviel der Wolfsmilchschwärmer bei der Metamorphose insgesamt verbraucht; wir können somit nur die Gewichtsverluste vom Beginn der Puppenruhe an miteinander vergleichen. — Das Anfangsgewicht des frisch geschlüpften Schwärmers (im Alter bis zu 15 Stunden) verhält sich im Vergleich zu den eigenen Messungen, ausgedrückt in Prozenten des Puppenanfangsgewichts, folgendermaßen:

	Deilephila euphorbiae	*Pieris brassicae*
Latente Entwicklung	35,7—53% (9 Falter)	Gr. A: 39,5—40,9% (3 Falter) Gr. B: 38,8% (7 Falter)
Subitane Entwicklung	20 männl.: 36,3—50,0% 20 weibl.: 45,6—61,0%	1 weibl.: 47%

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Danach hält sich während der Puppenruhe die Gewichtsabnahme beim Kohlweißling in jenen Grenzen wie beim Wolfsmilchschwärmer, sie scheint im allgemeinen aber etwas geringer zu sein.

Die starken Gewichtseinbußen, welche Heller bei einigen Puppen seiner subitan entwickelten Zucht von *Deilephila euph.* beobachtete, erklärte er damit, daß diese Puppen anläßlich von Respirationsversuchen häufiger angefaßt wurden als die übrigen, wobei es zum mechanischen Auspressen von Exkret und gesteigerter Verdunstung gekommen sei. Dieser Umstand ist auch bei unseren Zuchten in Betracht zu ziehen, da die Puppen vor allem während der Winterruhe bis zu 30mal vorgenommen und jeweils auch mehrmals angefaßt wurden.

3. Der dreiphasige Verlauf der Metamorphose. Nachdem bereits vor über 100 Jahren die Gewichtsabnahme von Schmetterlingspuppen durch Rengger (1817) und Newport (1837, 1839) beobachtet wurde, waren es Blasius (1866) bzw. v. Linstow (1869), welche bei *Vanessa urticae* und *io* bzw. bei *Bombyx mori* durch eingehendes Studium der Gewichtsverhältnisse die Entwicklung der Puppen in einzelnen Perioden erkannten. Dieser Entwicklungsgang wurde seither auch bei anderen Schmetterlingen durch systematische Wägungen (u. a. durch Petersen, Schmujdsinowitsch, Abderhalden, Heller) bzw. durch Stoffwechseluntersuchungen (Bachmetjew, Krogh, Heller u. a.) näher erforscht.

Die erste und die dritte Periode (Phase) sind durch lebhaften Stoffwechsel, starken Gasaustausch und hohen Gewichtsverlust, die zweite Periode durch minimalen Sauerstoffverbrauch und minimale Gewichtsabnahme gekennzeichnet. Auch bei den eigenen Kohlweißlingzuchten waren sowohl bei latenter als auch bei subitaner Entwicklung die drei Perioden an den Gewichtskurven gut abzulesen (Abb. 2, 3).

Die 1. Periode beginnt dann, wenn die Raupen zu fressen aufhören und unruhig umherzukriechen beginnen. In dem von hier ab beginnenden Zeitabschnitt, in welchem die Raupen sich besonders lebhaft bewegen, den Verpuppungsort aufsuchen, Fäden spinnen, sich anheften und schließlich die Raupenhaut abstreifen, ist der Gewichtssturz besonders ausgeprägt. In diesen Zeitabschnitt fällt bei der Seidenraupe auch die „Einspinnungsperiode" (v. Linstow), in welcher sie sehr stark abnimmt. Während auch andere Autoren wie Blasius und Abderhalden auf diese beträchtliche Abnahme des Körpergewichts vor der Verpuppung besonders aufmerksam machten, haben einige Untersucher, die zum Teil sehr eingehende Gewichtsstudien bei Lepidopteren an-

stellten, gerade diesen Abschnitt der 1. Periode (also bis zur vollendeten Verpuppung) nicht berücksichtigt und die Wägungen erst an den jungen Puppen aufgenommen. Aus diesem Grunde konnte sich auch Heller bei seinen ausführlichen Untersuchungen über die Metamorphose von *Deilephila euphorbiae,* wie oben erwähnt, immer nur auf die Puppenanfangsgewichte und nicht auf die Raupenmaximalgewichte beziehen, so daß die Verpuppung nicht miterfaßt wurde.

Die 1. Periode endigt, sobald der Gewichtsverlust für die Zeiteinheit minimal geworden ist. Dies war bei meiner subitanen Zucht etwa nach 3 bis 4 Tagen der Fall; der Gewichtsverlust betrug um diese Zeit etwa 15% des Raupenhöchstgewichts. Nach den Untersuchungen von Heller ist dieser „Wendepunkt" beim Wolfsmilchschwärmer am 5. und 6. Tag nach der Verpuppung. In diesem Zeitraum haben die Puppen des Wolfsmilchschwärmers durchschnittlich 2,6 bis 2,7% ihres Anfangsgewichts eingebüßt. Mit diesen Angaben stimmen auch unsere Ergebnisse gut überein: berechnet man nämlich in gleicher Weise wie Heller den Gewichtsabfall nur von der Verpuppung bis zum Wendepunkt, so erhält man bei *Pieris* einen Verlust von nur 10,5 mg oder gleichfalls von 2,7% des Puppenanfangsgewichts. Der Gewichtssturz der 1. Periode findet demnach in der Hauptsache bereits vor der Verpuppung in der kurzen Zeit von 1 bis 2 Tagen statt und beträgt 12,4% gegenüber 2,6% nach der Verpuppung (bezogen auf das Raupenhöchstgewicht). Diese starke Gewichtsabnahme der Tiere in der kurzen Zeit vor der Verpuppung hat Heller seinerzeit gewichtsmäßig nicht erfaßt, er konnte jedoch, übereinstimmend mit den vorliegenden Ergebnissen, bei *Argynnis paphiae* und *Deilephila euphorbiae* gerade in dieser Zeit ein Maximum des Sauerstoffverbrauchs feststellen. — Das Ende der 1. Periode bei der überwinternden Kohlweißlingzucht können wir nicht angeben, weil die Wägungen nicht oft genug vorgenommen wurden. Der Gewichtssturz bis zur Verpuppung betrug durchschnittlich 13,1%, also etwas mehr als bei den sofort metamorphosierenden Tieren.

Die 2. Periode ist bei der subitanen Pieriszucht zu kurz, der Übergang in die anderen Perioden zu fließend, als daß Angaben über den Gewichtsverlust pro Zeiteinheit möglich wären. (Vgl. hiezu das einprägsame U-förmige Kurvenbild des Sauerstoffverbrauches bei *Deilephila* von Heller!) — Bei der latenten Zucht beträgt der Gewichtsverlust zwischen dem 1. bis 7. Monat in 202,5 Tagen insgesamt 57 mg, d. s. 15,5% des Raupenmaximalgewichts; es geht also in der 2. Phase in $6^3/_4$ Monaten kaum mehr

an Gewicht verloren als im ersten Teilabschnitt der 1. Phase bis zur Verpuppung innerhalb von 1 bis 2 Tagen. Der Gewichtsabfall beträgt während der Winterruhe pro Tag demnach nur 0,281 mg, d. s. 0,06658% des Raupenhöchstgewichts.

In der 3. Periode steigt der Gewichtsverlust immer mehr, je näher der Zeitpunkt des Ausschlüpfens heranrückt. Bei der Puppe „e" betrug er z. B. in den letzten Tagen etwa 4 mg pro Tag. Dieser zunehmende Substanzverschleiß entspricht dem immer mehr ansteigenden Sauerstoffverbrauch gegen das Ende des Puppenstadiums, wie Heller beim Wolfsmilchschwärmer bei latenter und subitaner Entwicklung gefunden hat.

Zusammenfassung.

Es wird eine auf fortlaufenden Wägungen beruhende Gewichtskurve bei einigen Exemplaren von *Pieris brassicae* vom Ei bis zum Tode des Falters aufgestellt und ihr verschiedener Verlauf bei latenter und subitaner Entwicklung ermittelt.

Literaturverzeichnis.

Abderhalden, E., Studien über das Wachstum von Raupen. Zt. physiol. Chemie **127**, 92 (1923).

Bachmetjew, P., Kalorimetrische Messungen an Schmetterlingspuppen. Zt. wiss. Zool. **71**, 550 (1902).

Blasius, W., Über die Gesetzmäßigkeit in der Gewichtsabnahme der Lepidopteren von dem Zustand der ausgewachsenen Raupe an bis zu dem des entwickelten Schmetterlings. Zt. wiss. Zool. **16**, 135 (1866).

Heller, J., Untersuchungen über die Metamorphose der Insekten. I. Mitt.: Stoffwechsel und Entwicklungsdauer bei Deilephila Euphorbiae. Arch. Physiologie **210**, 736 (1925). — III. Mitt.: Über die „subitane" und „latente" Entwicklung. Biochem. Zt. **169**, 208 (1926).

Krogh, On the rate of development etc. Zt. allg. Physiol. **16**, 186 (1916).

v. Linstow, O., Über die Zu- und Abnahme des Gewichtes der Seidenraupe in ihren verschiedenen Ständen. Corr.-Bl. des zoolog.-mineral. Vereins Regensburg, **23**. Jg., S. 43 (1869). Zit. bei Bachmetjew.

Needham, J., Biochemistry and Morphogenesis. Cambridge 1942.

Newport, G., On the temperature of insects, and its connection with the functions of respiration and circulation. Philos. Trans. Roy. Soz. London **127/II**, 259 (1837). Zit. bei Bachmetjew.

— Cyclopaedia of Anat. and Physiol. **2**, 879 (1839). Zit. bei Bachmetjew.

Petersen, W., Zur Frage der Chromophotographie bei Schmetterlingspuppen. Sitzungsber. d. Dorpater Naturforsch. Ges. 1890, 232. Zit. bei Bachmetjew.

Rengger, J. R., Physiologische Untersuchungen über die thierische Haushaltung der Insekten. Tübingen 1817. Zit. bei Bachmetjew.

Schmujdsinowitsch, W. J., Gewichtsänderung bei Puppen und Faltern des Seidenspinners. Arbeiten der kaukas. Seidenzuchtstation, Bd. III, 218 (1892). Zit. bei Bachmetjew.

Süffert, Fr., Bestimmungsfaktoren des Zeichnungsmusters beim Saisondimorphismus von Araschnia levana-prorsa. Biol. Zentralbl. **44**, 173 (1924).